



## Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis a base de amido de pinhão e pectina cítrica contendo farinha da casca de goiaba serrana (*Acca sellowiana*)

William Gustavo Sganzerla<sup>1</sup>; Ana Paula de Lima Veeck<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno, Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC Campus Lages, Lages, SC, Brasil.

<sup>2</sup> Professora orientadora, Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC Campus Lages, Lages, SC, Brasil.

**RESUMO:** A preocupação com o acúmulo de resíduos no meio ambiente, proveniente dos plásticos de origem fóssil, gera a necessidade do desenvolvimento de novos materiais que sejam biodegradáveis. Para isto, materiais de origem natural como amido e pectina podem ser uma alternativa para a produção de biofilmes, com o intuito de substituir os plásticos convencionais. Associado a isto, a indústria de alimentos, cada vez mais, está interessada no desenvolvimento de embalagens bioativas, que além de, terem propriedades de armazenamento sejam capazes de proteger os alimentos das reações deteriorantes, como as oxidativas. A goiaba serrana (*Acca sellowiana*) é uma fruta nativa da serra catarinense, e alguns estudos têm demonstrado a presença de compostos bioativos com ação antioxidante. Entretanto, o rendimento de polpa dessa fruta é muito baixo, sendo alto o teor de casca presente, assim, grande parte da goiaba não é consumida, gerando um alto resíduo agroindustrial. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar a influência da adição de farinha da casca de goiaba serrana em filmes biodegradáveis a base de amido de pinhão e pectina cítrica. Para isto, foram avaliadas as propriedades físico-químicas (espessura, solubilidade, opacidade, transmitância e absorbância), compostos bioativos (fenólicos e flavonoides totais) e a atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP) nos filmes produzidos. Os resultados demonstraram ( $p < 0,05$ ) que a farinha da casca de goiaba serrana influenciou na espessura, opacidade e solubilidade em água. As maiores concentrações de farinha (3 e 4%) foram responsáveis pela aumento da espessura e o grau de opacidade dos filmes e menor a solubilidade em água. Em todos os filmes produzidos com a adição de farinha da casca de goiaba serrana houve atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP), efeito este, proporcional às concentrações utilizadas. Assim, pode-se concluir com este trabalho, que os filmes biodegradáveis a base de amido de pinhão e pectina cítrica apresentam propriedades bioativas devido à adição da farinha da casca da goiaba serrana. Assim, estes filmes têm potencial para serem utilizados no armazenamento e conservação de alimentos.

**Palavras Chave:** biofilme, atividade antioxidante, resíduo agroindustrial.

---



## INTRODUÇÃO

Plásticos que apresentam resistência à fotodegradação, quimiodegradação e biodegradação, são considerados materiais não degradáveis no meio ambiente (PIATTI; RODRIGUES, 2005). O uso de biofilmes vem de encontro a essa realidade, pois com a criação de materiais biodegradáveis, seu tempo de decomposição na natureza é baixo, pelo fato da composição desses materiais serem provenientes de fontes naturais.

Aliado a isso, a preocupação com o tempo em que os alimentos vão permanecer nas prateleiras dos supermercados é de relevante importância para os dias atuais, pois, deve-se ter uma preocupação com o consumo adequado, refletindo assim na qualidade desses alimentos. De acordo com Fakhouri *et al.* (2007), os filmes e coberturas possuem objetivo de reduzir a migração de umidade, aromas, oxigênio e outros gases, pelo fato de promoverem barreiras semipermeáveis, aumentando assim o tempo de vida dos alimentos.

Por definição, segundo Luchese *et al.* (2014) uma embalagem ativa é aquele tipo de embalagem que mantém ou aumenta a qualidade e a segurança, devido a interação entre o filme com o alimento. Alguns compostos, naturais ou artificiais, adicionados durante a produção do filme podem promover a capacidade antioxidante para a embalagem.

Atualmente, extensivas pesquisas estão sendo conduzidas para encontrar compostos naturais, que tenham ação antioxidante. Os compostos fenólicos são uma das alternativas de substituição dos antioxidantes sintéticos, como o BHA (butil-hidroxi-anisol) e o BHT (butil-hidroxi-tolueno). Aliado a isso, os efeitos benéficos dos compostos fenólicos é comprovado, através dos resultados da habilidade de inibir as reações em cadeia das espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (SIRIPATRAWAN; HARTE, 2010). De acordo com Soares (2002), os ácidos fenólicos e alguns de seus derivados são eficazes para prevenir a oxidação lipídica, conservando assim os alimentos, pois antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais livres.

A *Acca sellowiana*, conhecida como goiaba serrana, goiaba do mato ou feijoa, é nativa do planalto meridional brasileiro e nordeste do Uruguai, ocorrendo no Brasil, principalmente nas regiões dos campos de altitude do Rio Grande do Sul e na serra catarinense (SERAFIN *et al.*, 2007). Amarante e Santos (2011), classificam o fruto da goiabeira como uma baga de formato oblongo, polpa cor gelo, casca lisa, semirrugosa ou rugosa, diâmetro variando de 3 a 5 cm, comprimento de 4 a 10 cm, peso de 20 a 250 g e rendimento de polpa de 15 a 50 %.

Dependendo da variedade de goiaba serrana, o rendimento de polpa é muito baixo, sendo alto o teor de casca presente, assim grande parte da goiaba não é consumida, sendo alto o desperdício do fruto. Aliado a isso, a utilização integral dos alimentos, como folhas, talos, cascas e sementes é uma das alternativas para reduzir o desperdício de alimentos no Brasil. Sabe-se que o desperdício de alimentos no Brasil é alto, chegando a 26 milhões de toneladas ao ano (MACHADO, 2007). De acordo com Souza *et al.* (2007) talos, folhas, cascas podem ser mais nutritivos do que a parte nobre do vegetal.

Uma das alternativas para a utilização da casca é a aplicação em filmes biodegradáveis. Estudos realizados pelos autores comprovam que a casca de goiaba serrana, produzida na serra catarinense, possui alta ação antioxidante, devido principalmente à presença de compostos fenólicos.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar a influência da adição de farinha da casca de goiaba serrana em filmes biodegradáveis a base de amido de pinhão e pectina cítrica. Para isto, foram avaliadas as propriedades físico-químicas (espessura, solubilidade,

---

opacidade, transmitância e absorvância), compostos bioativos (fenólicos e flavonoides totais) e a atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP) nos filmes produzidos.

## METODOLOGIA

### Preparo do material vegetal

As amostras de goiaba serrana foram coletadas no município de São José do Cerrito (Latitude: 27°37'12"S; Longitude: 50°43'12"W; Altitude de 838 metros) no ponto de maturação específico da fruta. Em seguida, foram armazenadas em ultra freezer ( $-80 \pm 1$  °C) até o momento do processamento. As goiabas após lavagem em água corrente foram separadas manualmente em polpa e casca. As cascas foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada ( $60 \pm 2$  °C) durante uma semana. Em seguida, as cascas foram trituradas em multiprocessador para posterior peneiragem em Mesh Tyler 200, obtendo um diâmetro de partícula de 75  $\mu$ m.

Já o pinhão foi coletado na área rural do município de Urupema (Latitude: 28°04'342"S; Longitude: 49°59'778"W; Altitude de 1.114 metros) após sua queda natural da *Araucaria brasiliensis*. Após isso, foi armazenado sob refrigeração até o momento da extração do amido. Diante disso, o amido de pinhão foi extraído segundo a metodologia proposta por Bello-Pérez *et al.* (2006), que consiste em descascar o pinhão, lavar o endosperma em água corrente e triturá-lo em multiprocessador doméstico utilizando água fria, e respeitando a proporção de um quilo de pinhão para um litro e meio de água. Após secagem em estufa ( $60 \pm 2$  °C por 24 horas) o amido foi macerado e peneirado em Mesh Tyler 200 (75  $\mu$ m). O rendimento da massa de amido foi calculado em relação à massa total de pinhão e em relação à massa de endosperma.

### Produção dos biofilmes por *casting*

Os filmes foram produzidos pela técnica de *casting*, que consiste em realizar uma solução filmogênica, solubilizando os componentes a 80 °C e em seguida evaporar o solvente em estufa de circulação de ar forçada ( $30 \pm 2$  °C) por um período de 24 a 48 horas. Para isso, adotou-se uma concentração padrão de amido de pinhão (2 g para 100 mL de solução filmogênica), pectina cítrica (3 g para 100 mL de solução filmogênica) e glicerol (2 g para 100 mL de solução filmogênica), após testes iniciais com diferentes concentrações. A massa de farinha testada variou de 0% para o filme “branco”; 0,4% para o filme 01; 1% para o filme 02; 2% para o filme 03; 3% para o filme 4 e 4% de farinha para o filme 5, conforme demonstra a tabela abaixo:

**Tabela 01:** Percentual de adição de farinha da casca de goiaba serrana, relacionado a uma solução filmogênica de 100 mL.

Filmes	Branco	Filme 01	Filme 02	Filme 03	Filme 04	Filme 05
farinha (g%)	0,0	0,4	1	2	3	4

### Análises físico-químicas dos filmes

Para análise de espessura, utilizou-se um paquímetro digital (COSA 111.101 EB) com uma precisão de 0,001mm. A espessura foi verificada em cinco pontos diferentes de cada filmes produzidos. Os resultados estão expressos como média obtida nas medições  $\pm$  o desvio padrão.

---



Para a análise de solubilidade em água, colocaram-se os béqueres em estufa a 100°C por duas horas, para eliminar traços de umidade. Os filmes foram cortados em quadrados de 2 cm x 2 cm, de área 4 cm<sup>2</sup>, e submetidos à secagem em estufa (100 ± 2 °C por 24 horas). Determinou-se a porcentagem inicial de matéria seca em estufa (m<sub>1</sub>). Após pesagem, as amostras foram imersas em água destilada (50 mL) e agitadas à temperatura ambiente em mesa de agitação vertical (100 rpm por 24 horas). Após esse período, as amostras foram submetidas, novamente, a secagem em estufa (100 ± 2 °C por 24 horas). Verificou-se a massa de filme após a estufa (m<sub>2</sub>). A solubilidade em água foi calculada pela seguinte equação:

$$\text{solubilidade (\%)} = [(m_1 - m_2) / m_1] * 100 \quad [01]$$

Verificou-se a transmitância dos biofilmes em dois comprimentos de ondas diferentes, um no Ultravioleta (200 nm) e outro no visível (550 nm). Para isso, utilizou-se um espectrofotômetro UV-Vis. Os resultados estão expressos em % de transmitância. Utilizando os resultados obtidos na análise de transmitância (%T), e aplicando a Lei de Lambert Beer, calcula-se a absorbância dos biofilmes, através da equação abaixo:

$$A = 2 - \log_{10} \%T \quad [02]$$

onde A é a absorbância do filme (abs) e %T é a transmitância (%):

A opacidade Foi determinada de acordo com o método proposto por Park, Je e Kim (2004), com algumas adaptações. A opacidade foi calculada para a absorbância dos filmes em 550 nm, segundo a equação abaixo, onde x é a espessura obtida para o filme. Os resultados estão expressos em transparência (adimensional). A transparência indica que quanto mais alto valor de T, menor a transparência e maior o grau da opacidade.

$$T = \frac{Abs(550nm)}{x} \quad [03]$$

### **Avaliação dos compostos bioativos e atividade antioxidante nos filmes**

Para o preparo dos extratos, 50 mg de cada formulação dos biofilmes foram solubilizados em 10 mL de água destilada, com o auxílio de uma mesa de agitação vertical (SL 180D) à 120 rpm por 24 horas, à uma temperatura ambiente (25°C). Em seguida a solução dos filmes foi filtrada em papel filtro qualitativo e armazenada em frasco âmbar escuro, sob refrigeração, até o momento das análises de compostos bioativos e de atividade antioxidante.

O teor de compostos fenólicos foi determinado pelo método modificado de Folin-Ciocalteu (SWAIN; HILLIS, 1959). Adicionou-se 104 µL de amostra e 1667 µL de água destilada em um tubo de ensaio. Posteriormente, adicionou-se aos tubos, 104 µL de reagente de Folin-Ciocalteu 0,25N. Ao final de 3 minutos de incubação, adicionou-se 208 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1N. Após 2 horas, a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 725 nm e ácido clorogênico foi utilizado como padrão.

Os flavonoides foram determinados segundo Zhishen *et al.* (1999). Em 0,5 mL de cada amostra, foi adicionado 2 mL de água deionizada e 150 µL de solução 5 % de NaNO<sub>2</sub>, e após 5 minutos, 150 µL de solução aquosa 10 % de AlCl<sub>3</sub> foi adicionada. Ao final de mais 5 minutos de incubação, adicionou-se 1 mL de solução 1 mol.L<sup>-1</sup> de NaOH e as leituras foram realizadas

---



utilizando espectrofotômetro (510 nm) e o padrão quercetina foi utilizada para a curva de calibração.

Para análise da atividade antioxidante pelo método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) foram utilizados 100 µL de cada amostra em 1900 µL de DPPH 0,1 mM sendo a leitura realizada após 24 horas de incubação a temperatura ambiente, utilizando-se o comprimento de onda de 515 nm (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995). Para isso, Trolox foi utilizado como o padrão para a curva de calibração.

A análise da atividade antioxidante pelo método ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico) foi conduzida segundo Arnao *et al.* (2001), com algumas modificações. Em 30 µL de amostra foi adicionado 3000 µL da solução ABTS<sup>+</sup> e homogeneizados em agitador de tubos. Após 6 minutos no escuro, a leitura de absorbância da cor resultante foi realizada em espectrofotômetro a 734 nm e um padrão de Trolox utilizado para a curva de calibração.

Já a avaliação da atividade antioxidante pelo método de redução do ferro (FRAP - *Ferric Reducing Antioxidant Power*) foi realizada segundo Benzie e Strain (1996) com algumas adaptações. Em alíquotas de 100 µL das amostras foram adicionados 100 µL da solução de cloreto férrico 3 mM e 1800 µL de solução de TPTZ (2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina) 1 mM, que foram mantidos 30 minutos em banho-maria a 37°C. A leitura foi realizada em 620 nm e Trolox utilizado como padrão para a curva de calibração.

### **Análise estatística**

Os resultados obtidos para a massa dos componentes utilizados na produção dos biofilmes, para os resultados dos testes físicos (espessura, solubilidade em água, opacidade, transmitância e absorbância), de compostos bioativos (fenólicos e flavonoides totais) e atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP) foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as diferenças entre as médias foram determinadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), através do programa Statistica<sup>®</sup> 7.0.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na extração do amido de pinhão, obteve-se um rendimento em relação à massa total de pinhão (com casca) de 13,04%. Já o rendimento do amido em relação à massa de endosperma foi de 20,16%. Luchese *et al.* (2014) obtiveram um rendimento total de 21%, já Spada, Silva e Tessaro (2014) extraíram  $19,4 \pm 0,3$  % de amido do pinhão. Com isso, nota-se que a extração foi realizada de maneira correta, obtendo valores semelhantes no percentual de extração comparando com outros trabalhos.

Através da Tabela 02 apresentada abaixo, e com o auxílio do teste de Tukey a um nível de significância de 5%, percebe-se que a concentração de amido de pinhão, pectina cítrica e glicerina permaneceram estatisticamente iguais em todos os filmes produzidos. O único composto que variou na formação da solução filmogênica foi a farinha da casca de goiaba serrana, sendo que a mesma apresentou maior concentração no filme 5 e menor concentração no filme branco, onde não houve adição de farinha. Diante disso, o único fator que irá influenciar na formação da solução filmogênica será a farinha da casca de goiaba serrana. Os demais compostos utilizados (amido de pinhão, pectina cítrica e glicerol) serão os mesmos para todos os filmes produzidos.

---



**Tabela 02:** Massa, em gramas, dos componentes utilizados para produção de  $25 \pm 1$  mL de solução filmogênica.

Filmes	Amido de pinhão	Pectina cítrica	Glicerina	Farinha
<b>Branco</b>	$0,5093 \pm 0,0113$	$0,7563 \pm 0,0050$	$0,5124 \pm 0,0655$	$0,0000 \pm 0,0000^f$
<b>Filme 01</b>	$0,5127 \pm 0,0039$	$0,7725 \pm 0,0356$	$0,5169 \pm 0,1019$	$0,1036 \pm 0,0026^e$
<b>Filme 02</b>	$0,5165 \pm 0,0139$	$0,7672 \pm 0,0166$	$0,5189 \pm 0,0763$	$0,2554 \pm 0,0006^d$
<b>Filme 03</b>	$0,5097 \pm 0,0074$	$0,7689 \pm 0,0184$	$0,4611 \pm 0,0175$	$0,5073 \pm 0,0026^c$
<b>Filme 04</b>	$0,5021 \pm 0,0004$	$0,7680 \pm 0,0148$	$0,4891 \pm 0,0138$	$0,7592 \pm 0,0042^b$
<b>Filme 05</b>	$0,5079 \pm 0,0097$	$0,8047 \pm 0,0190$	$0,5067 \pm 0,0595$	$1,0105 \pm 0,0151^a$

Os resultados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. Análises realizadas em triplicata. Letras diferentes representam, pelo teste de Tukey, diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Colunas sem a presença de letras representa que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Após o preparo da solução filmogênica e secagem em placa de Petri, os filmes foram produzidos. A Tabela 03 apresenta algumas das propriedades analisadas nos filmes produzidos, espessura, solubilidade em água e opacidade.

**Tabela 03:** Espessura, solubilidade em água e opacidade dos filmes produzidos.

Filmes	Espessura (mm)	Solubilidade em água (%)	Opacidade
<b>Branco</b>	$0,099 \pm 0,009^d$	$6,00 \pm 0,65^{a,c}$	$1,81 \pm 0,08^e$
<b>Filme 01</b>	$0,137 \pm 0,021^c$	$7,06 \pm 1,13^a$	$2,90 \pm 0,07^d$
<b>Filme 02</b>	$0,142 \pm 0,014^{b,c}$	$6,79 \pm 0,95^{a,b}$	$4,72 \pm 0,16^c$
<b>Filme 03</b>	$0,176 \pm 0,023^a$	$3,64 \pm 0,52^{c,d}$	$6,18 \pm 0,07^b$
<b>Filme 04</b>	$0,171 \pm 0,022^{a,b}$	$3,88 \pm 0,57^{b,c,d}$	$6,50 \pm 0,61^{a,b}$
<b>Filme 05</b>	$0,188 \pm 0,026^a$	$4,24 \pm 0,20^{a,d}$	$7,23 \pm 0,47^a$

Os resultados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. Análises realizadas em triplicata. Letras diferentes em cada coluna representam, pelo teste de Tukey, diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Percebe-se através da Tabela 03, que a espessura obteve diferença significativa para os filmes produzidos. Os filmes 03, 04 e 05, foram estatisticamente iguais entre si. Já os filmes 01 e 02 foram iguais entre si e o filme 02 foi igual ao filme 04. O único filme que apresentou diferença entre todos os outros, foi o filme branco.

Através da análise acima, constata-se que a adição de farinha influi na espessura dos biofilmes, sendo que no filme sem adição de farinha, a espessura foi a menor obtida. Já no filme com maior concentração de farinha a espessura foi maior.

Spada, Silva e Tessaro (2014) obtiveram uma espessura de  $0,11 \pm 0,03$  mm, para filmes produzidos apenas com amido de pinhão e glicerol, sem adição de outros componentes. Já Luchese *et al.* (2014) obtiveram  $0,32 \pm 0,03$  mm de espessura para filmes produzidos com amido de pinhão (3%), glicerol (1,6%) e com adição de goma xantana (0,1%).

Com relação à solubilidade em água, percebe-se que o filme 01 apresentou diferença significativa, e é diferente do filme 03 e do filme 04, sendo o filme 01 igual ao filme branco, ao filme 02 e ao filme 05. Os filmes que apresentaram maior solubilidade em água foram os filmes, os filmes branco, 01, 02 e 05, e os filmes 03 e 04 menores taxas de solubilidade. Percebe-se que a





adição de farinha da casca de goiaba serrana influi na solubilidade dos filmes, sendo que quanto maior a adição de farinha, menor será a solubilidade.

Filme produzido apenas com amido de pinhão e utilizando glicerol como plastificante obteve uma taxa de solubilidade em água de  $18,7 \pm 0,4\%$  (SPADA; SILVA; TESSARO, 2014) e de  $18,7 \pm 1,4\%$  (LUCHESE *et al.*, 2014). Logo, percebe-se que a adição de pectina cítrica diminui consideravelmente a solubilidade em água do filme, fato que ocorreu no filme branco ( $6,00 \pm 0,65\%$ ).

Avaliando a opacidade dos biofilmes, percebe-se de maneira geral que a adição de farinha provoca um aumento da opacidade, sendo essa mais relevante no filme 05, que contém maior concentração de farinha. O filme Branco apresentou o menor valor de opacidade ( $1,81 \pm 0,08$ ), sendo esse, mais transparente. Nota-se que o filme 05 e o filme 04 não apresentaram diferença significativa entre si, tendo eles os maiores valores de opacidade. De maneira geral, quanto menor o valor da opacidade, maior a transparência do filme, ou, quanto maior a opacidade, menor será a transparência.

A tabela abaixo apresenta os valores obtidos de transmitância no comprimento de onda UV e Vis (200 e 550 nm, respectivamente). Os valores de absorbância foram calculados utilizando a Equação [02].

**Tabela 04:** Transmitância e Absorbância dos filmes (UV-Vis), para um comprimento de onda de 200 nm (UV - Ultravioleta) e 550 nm (visível).

Filmes	Transmitância (%T)		Absorbância (abs)	
	UV ( $\lambda = 200$ nm)	Vis ( $\lambda = 550$ nm)	UV ( $\lambda = 200$ nm)	Vis ( $\lambda = 550$ nm)
<b>Branco</b>	$66,06 \pm 0,95^a$	$65,06 \pm 0,64^a$	$0,18 \pm 0,00^f$	$0,18 \pm 0,00^f$
<b>Filme 01</b>	$42,16 \pm 1,19^{bA}$	$40,13 \pm 0,25^{bB}$	$0,37 \pm 0,01^{eA}$	$0,39 \pm 0,00^{eB}$
<b>Filme 02</b>	$21,90 \pm 0,26^c$	$21,36 \pm 0,40^c$	$0,66 \pm 0,00^d$	$0,67 \pm 0,00^d$
<b>Filme 03</b>	$6,73 \pm 0,59^{d,e}$	$6,46 \pm 0,56^c$	$1,17 \pm 0,03^b$	$1,19 \pm 0,03^b$
<b>Filme 04</b>	$7,78 \pm 0,26^d$	$8,28 \pm 0,50^d$	$1,10 \pm 0,01^c$	$1,08 \pm 0,02^c$
<b>Filme 05</b>	$5,43 \pm 0,31^e$	$4,79 \pm 0,35^f$	$1,26 \pm 0,02^a$	$1,31 \pm 0,03^a$

Os resultados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. Análises realizadas em triplicata. Letras minúsculas e diferentes em cada coluna representam, pelo teste de Tukey, diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Já as letras maiúsculas e diferentes, representam diferença significativa em cada linha ( $p < 0,05$ ).

Através da tabela acima, nota-se que de maneira geral houve uma diferença significativa na transmitância dos filmes, tanto para um comprimento de onda na faixa do ultravioleta, quanto para o visível. Percebe-se que a transmitância decai com a adição de farinha da casca de goiaba serrana, sendo que o filme branco apresentou maior valor de transmitância e o filme 05 menor valor de transmitância (tanto para o UV, quanto para o Vis).

Para o %T no UV ( $\lambda = 200$  nm), o filme 03 apresentou o mesmo valor de transmitância do filme 04 e do filme 05 ( $p < 0,05$ ), sendo que o filme branco diferiu do filme 01 e do filme 02. Avaliando a %T no Vis ( $\lambda = 550$  nm), todos os filmes diferiram entre si, sendo que o filme 05 apresentou maior transmitância. Comparando os dois comprimentos de onda, o único filme que apresentou diferença estatística para as duas faixas analisadas, foi o filme 01, tendo maior transmitância na faixa do ultravioleta. Os outros filmes produzidos apresentaram o mesmo percentual de transmitância para o UV e para o Vis, não diferindo estatisticamente.



Com relação à absorvância, houve um aumento da absorvância conforme o aumento da concentração de farinha, fato que ocorreu ao contrário na transmitância. Todos os filmes diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), sendo o filme branco com menor valor (igual no UV e no Vis) e o filme 05 com maior valor (igual no UV e no Vis). O único filme que diferiu no UV-Vis foi o filme 01.

A análise de transmitância é importante para verificar o quanto de luminosidade passa pela superfície do filme. Já a análise de absorvância mede o quanto esse filme absorve de um comprimento de onda específico. A utilização de um comprimento de onda no ultravioleta é importante, pois se o filme barra a passagem de luz UV ele será eficaz na proteção de alimentos expostos a esse tipo de radiação. A adição de farinha provou que os filmes 03, 04 e 05 são capazes de barrar aproximadamente 94% de radiação a 200 nm e a 550 nm.

A Tabela 05 apresenta as equações da reta para cada análise realizada, bem como o reagente padrão utilizado para as curvas de calibração. Já a Tabela 06 apresenta os resultados das análises de fenólicos e flavonoides totais, e da atividade antioxidante pelo método de remoção do radical DPPH e ABTS, e pela redução do ferro – FRAP.

**Tabela 05:** Curvas de calibração para os compostos bioativos (fenólicos e flavonoides totais) e atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP).

Análise	Padrão	Equação da reta	R <sup>2</sup>
Fenólicos Totais	Ácido Clorogênico	$y = 27,25x - 0,005$	0,99
Flavonoides Totais	Quercetina	$y = 863,95x + 0,007$	0,99
DPPH	Trolox	$y = 30,99x + 0,052$	0,99
ABTS	Trolox	$y = 32,98x + 0,004$	0,99
FRAP	Trolox	$y = 2,93x + 0,154$	0,97

Para análise de fenólicos totais, utilizou-se o ácido clorogênico como padrão, obtendo uma equação da reta de “ $y = 27,25x - 0,005$ ” com o  $R^2 = 0,99$ . Já os flavonoides foram quantificados utilizando quercetina como padrão ( $y = 863,95x + 0,007$  e  $R^2 = 0,99$ ). As análises de atividade antioxidante foram quantificadas em Trolox, sendo que o método de remoção do radical DPPH obteve uma curva de “ $y = 30,99x + 0,052$ ”,  $R^2=0,99$ ; ABTS a curva de calibração correspondente foi de “ $y = 32,98x + 0,004$ ”,  $R^2=0,99$  e “ $y = 2,93x + 0,154$ ” com  $R^2 = 0,97$  foi a curva padrão obtida para a análise da atividade antioxidante pelo método de FRAP.

**Tabela 06:** Compostos bioativos e atividade antioxidante nos filmes produzidos.

Filmes	Fenólicos Totais <sup>1</sup>	Flavonoides Totais <sup>2</sup>	DPPH <sup>3</sup>	ABTS <sup>3</sup>	FRAP <sup>3</sup>
Branco	$0,43 \pm 0,01^e$	$0,01 \pm 0,00^{c,d}$	$0,42 \pm 0,03^c$	$1,31 \pm 0,01^b$	$7,65 \pm 2,67^d$
Filme 01	$4,31 \pm 0,45^d$	$0,01 \pm 0,00^d$	$8,79 \pm 0,34^d$	$9,17 \pm 0,00^b$	$41,56 \pm 2,89^d$
Filme 02	$8,67 \pm 0,65^c$	$0,01 \pm 0,00^c$	$18,71 \pm 0,91^c$	$26,45 \pm 1,57^a$	$132,83 \pm 0,96^c$
Filme 03	$18,03 \pm 0,91^b$	$0,03 \pm 0,00^b$	$36,13 \pm 0,91^b$	$33,53 \pm 2,43^a$	$499,32 \pm 24,08^b$
Filme 04	$16,93 \pm 1,17^b$	$0,03 \pm 0,00^b$	$35,49 \pm 0,46^b$	$27,55 \pm 9,22^a$	$482,29 \pm 7,71^b$
Filme 05	$27,34 \pm 1,75^a$	$0,04 \pm 0,00^a$	$50,17 \pm 1,60^a$	$28,16 \pm 3,22^a$	$741,83 \pm 0,97^a$

Os resultados estão expressos em média  $\pm$  desvio padrão (análise em triplicata). Letras diferentes em cada coluna representam diferença significativa ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup> mg de ácido clorogênico equivalente.g<sup>-1</sup> de biofilme; <sup>2</sup> mg de quercetina, g<sup>-1</sup> de biofilme; <sup>3</sup> mg de trolox equivalente.g<sup>-1</sup> de biofilme.





De acordo com a Tabela 06, com relação aos resultados de fenólicos totais, percebe-se um aumento significativo na concentração desses compostos do filme Branco e do filme 01 (que apresentaram valores estatisticamente iguais entre si) para o filme 02. Já os filmes 03 e 04 foram iguais entre si, tendo valores de ácido clorogênico inferiores ao filme 05 ( $27,34 \pm 1,75$  mg de ácido clorogênico.g<sup>-1</sup> de biofilme), que obteve maior concentração dentre todos os filmes produzidos.

Paralelo a isso, o teor de flavonoides, o filme 05 se destaca em relação aos demais, pois obteve maior concentração de flavonoides ( $0,04 \pm 0,00$  mg de quercetina.g<sup>-1</sup> de biofilme), sendo estatisticamente diferente dos demais filmes produzidos. Como ocorreram com fenólicos totais, o filme Branco e 01 obtiveram valores inferiores de flavonoides, sendo estes iguais estatisticamente.

Pelo método de remoção do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), o filme 05 obteve maior ação antioxidante ( $50,17 \pm 1,60$  mg de trolox.g<sup>-1</sup> de biofilme) comparando com os outros filmes produzidos. O filme Branco, sem adição de farinha, apresentou menor valor de ação antioxidante ( $0,42 \pm 0,03$  mg de trolox.g<sup>-1</sup> de biofilme), comparado aos outros filmes. Percebe-se que ação antioxidante para o filme 03 e 04 apresentou valor estatisticamente iguais entre si, fato relacionado a presença de compostos fenólicos e flavonoides na mesma concentração, em ambos os filmes, sabe-se que a ação antioxidante é proveniente principalmente dos compostos fenólicos e dos flavonoides presentes.

Já pelo método de remoção do radical ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico), os filmes 02 ao filme 05 apresentaram valores iguais entre si. Já o filme Branco foi estatisticamente igual ao filme 01. Essa análise demonstrou diferença na ação antioxidante entre o filme Branco/01 e os filmes 02/03/04/05.

A atividade antioxidante foi quantificada também pelo método de redução do ferro (FRAP), onde o filme 05 obteve maior valor de ação antioxidante ( $741,83 \pm 0,97$  mg de trolox.g<sup>-1</sup> de biofilme), sendo diferente dos demais filme produzidos. O filme 03 e 04 apresentaram valores estatisticamente iguais, já o filme Branco e o filme 01 apresentaram valores iguais entre si, obtendo os menores valores de ação antioxidante por esse método.

De maneira geral, percebe-se que a adição da farinha da casca de goiaba serrana na produção de biofilmes, influi na concentração dos compostos bioativos analisados (fenólicos e flavonoides totais), o que foi possível observar na atividade antioxidante, resultados estes confirmados pelos três métodos diferentes de avaliação. Dois desses métodos (DPPH e FRAP) apresentaram, de maneira geral, aumento da atividade antioxidante para o filme 05 (filme com maior concentração de farinha/ maior concentração de compostos bioativos), e diminuição da atividade antioxidante para o filme Branco (sem adição de farinha da casca de goiaba serrana).

## CONCLUSÃO

A obtenção de filmes biodegradáveis é uma maneira de substituir aos plásticos de origem fóssil. Os filmes produzidos apresentaram boas propriedades físico-químicas, tendo baixa espessura e baixa solubilidade em água. A adição de farinha da casca de goiaba serrana provoca mudanças na coloração dos filmes, sendo assim, a opacidade aumentou conforme a adição de farinha.

Os filmes possuem alta presença de compostos fenólicos em sua matriz polimérica, devido a adição de farinha. Sendo assim, comprovou-se pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP que os filmes produzidos possuem atividade antioxidante.

Para tanto, está sendo avaliada a resistência mecânica dos filmes, para verificar se a adição da farinha vai resultar num aumento ou diminuição nas propriedades mecânicas dos filmes, e a análise de FTIR (espectroscopia de infravermelho) será avaliada. Além disso, os filmes serão

---



avaliados quanto à capacidade de conservar os alimentos, para isso, truta de peixe será armazenada por um tempo sob a embalagem de filmes, e a oxidação lipídica será analisada. Será recoberto frutas com a solução filmogênica, e a perda de massa dessas frutas serão avaliadas em um determinado período de tempo.

### AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha orientadora, a professora Dra. Ana Paula de Lima Veeck que me proporcionou todo suporte necessário para produção deste trabalho. A ela e juntamente ao professor Dr. Michael Ramos Nunes que adquiriram os reagentes para análises de atividade antioxidante. Ao professor Dr. Roberto A. Komatsu que coletou as amostras de goiaba serrana, utilizadas neste trabalho. Ao Délcio, Janaína e Jacqueline que sempre colaboraram com a organização dos laboratórios. As minhas irmãs de laboratório, Patrícia, Leandra, Juliana e Mércia que sempre colaboraram para o bom andamento deste trabalho. Agradeço ao Ozéias Carlim do Prado, técnico do laboratório de polímeros do IFSC – Campus Caçador, que está realizando as análises de FTIR e análises de tração nos filmes.

### REFERÊNCIAS

AMARANTE, C.V.T.; SANTOS, K.L. Feijoa (*Acca sellowiana*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33, 001-334, 2011.

ARNAO, M. B. *et al.* The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 73, p. 239–244, 2001.

BELLO-PÉREZ, L.A.; *et al.* Isolation and Characterization of starch from seeds of *Araucaria brasiliensis*: A novel starch for application in food industry. **Starch/Stärke**, v. 58, n.6, p. 283-291, 2006.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70–76, 1996.

BRAND-WILLIAMS, W. *et al.* Use of a free radical method to evaluated antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

FAKHOURI, F.M.; *et al.*, Filmes e coberturas comestíveis composta à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, 2007.

LUCHESE, C. L. *et al.* Synthesis and characterization of biofilms using native and modified pinhao starch. **Food Hydrocolloids**, Porto Alegre, v. 45, p.203-210, 27 nov. 2014.

MACHADO, R.L.P. O papel dos bancos de alimentos na redução do desperdício de alimentos. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Set, 2007. Disponível em: <http://pessoal.utfpr.edu.br/marlenesoares/arquivos/BancodeAlimentosEmbrapa.pdf>

---



PARK, P.; JE, J.; KIM, S. Free radical scavenging activities of differently deacetylated chitosans using an ESR spectrometer. **Carbohydrate Polymers**, v. 55, n. 1, p.17-22, jan. 2004.

PIATTI, T.M.; RODRIGUES, R.A.F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**: Série: Conversando sobre Ciências em Alagoas. Maceió: Edufal, 2005. 51 p.

SERAFIN, C. *et al.* Avaliação do potencial antimicrobiano de *Plinia glomerata* (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 578-582, 2007.

SIRIPATRAWAN, U.; HARTE, B.R. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. **Food Hydrocolloids**, vol. 24, p. 770-775, 2010.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 1, n. 15, p.71-81, jan. 2002.

SOUZA, P.D.J. *et al.* Análise sensorial e nutricional de torta salgada elaborada através do aproveitamento alternativo de talos e cascas de hortaliças. **Alimentação e Nutrição**, 18, 55-60, 2007.

SPADA, J.C.; SILVA, E.M.; TESSARO, I.C. Production and characterization of pinhão starch biofilms. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, v. 9, n. 3, p.365-369, 30 set. 2014.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 10, p. 135-144, 1959.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555-559, 1999.

---